

## СПРАВКА

за най-важните научни приноси

на

д-р ПАВЕЛ ЗЕХТИНДЖИЕВ,

доцент в секция “Биоразнообразие и екология на паразитите”,  
Институт по биоразнообразие и екосистемни изследвания при БАН

Основната част от научните ми изследвания са насочени към изучаване на еволюционните механизми, пораждащи разнообразието от адаптивни механизми при птиците. За тази цел съм използвал резултатите от видообразуването и адаптивната радиация на признаци в две основни направления: сезонните миграции на птиците и взаимодействията с техните кръвни паразити.

Причините да използвам птиците за своите изследвания са тяхната мобилност и бързи темпове на възпроизводство. Поради това птиците имат разнообразни екологични отношения и представляват удобен модел за изучаване на видообразуването и коеволюцията в системата паразит-гостоприемник.

В обобщен вид, резултатите от научните ми изследвания могат да бъдат представени по следния начин:

### **Изследвания в областта на консервационната биология и редките видове**

1. Научната ми кариера започна като ръководител на Биологична експериментална база “Калимок”. В сътрудничество с други колеги, съм изследвал статута, числеността, гнездовите находища и екологията на редица редки и застрашени от изчезване видове птици. Такива изследвания са проведени върху биологията на Червения ангъч (*Tadorna ferruginea*), Голямата дропла (*Ottis tarda*) и Белооката потапница (*Aythya nyroca*). Установени са гнездовите находища на червен ангъч в България и промените в числеността на този вид през последните десетилетия. Проучена е гнездовата биология на вида и на тази основа успешно са размножени птици в експериментални условия. Проучени са условията за реинтродукция в природата и са проведени поредица от експерименти с цел изучаване на адаптивните способности на реинтродуцираните в природата птици. Разработени са методически указания за размножаване и реинтродукция на този вид. Тези резултати са публикувани в специализирано списание

(16 и 17). Проучен е статусът на голямата дропла в изследване, проведено през периода 1996-2002 г. Установени са районите, където видът потенциално гнезди и зимува (24).

2. Като участник в дванадесетата Българска антарктическа експедиция през 2004 г. съм изследвал орнитофауната на остров Ливингстън. Тези изследвания съм отнесъл към консервационата биология поради уникалността на Антарктическите екологични условия и международната спогодба за опазване на уникалните природни дадености на този континент. В резултат на моята дейност там са установени разпределението на гнездовите колонии на птиците, както и техните числености (28). Направени са основни проучвания върху числеността на *Pygoscelis papua*, като е използван нов, за това време, метод на дистанционно отчитане чрез дигитално заснемане на колонията (26). Разработен е метод за полово определяне на индивидите по комплексен индекс от дължината на клюна, крилото и телесното тегло. Методът е тестван на контролна група от колонията на остров Ливингстън (17). Установени са различия в оцветяването на клюна, характерни за пингвините от този вид, обитаващи остров Ливингстън. Този маркер е съпоставен с наличните колекционни материали от вида и множество фотографии от други части на ареала в Антарктика. На тази основа, оцветяването на клюна е предложено за популационен маркер при този вид пингвини (29). В хода на тази експедиция са събрани ДНК проби, послужили за определянето на генетичната структура на пингвините папуа в пределите на Антарктика (61).

### **Изследвания на миграцията на птиците**

3. Проведено е количествено изследване на нощната фаза от миграцията на птиците в България. Използван е количествен метод за директна регистрация на летящите през нощта по време на пролетната и есенната миграция птици, а именно така нареченият лунен метод, т. е. наблюдения с телескоп на силуетите на птици, пресичащи осветения лунен диск, последваща проекция на посоката и височината на полет и екстраполация на числеността. Направени са синхронни наблюдения в 15 пункта от територията на България. Получените резултати показват, че нощната миграция на птиците, както през пролетта, така и през есента, е доминирана от представители на разред Passeriformes, следвани от Charadriiformes и Anseriformes. Нощната миграция протича на широк фронт

през изследваната територия. Направен е анализ на височината на мигриращите през нощта птици. Анализирани са значението на релефа и бреговата линия на Черно море по отношение на най-масовата група мигранти – врабчоподобните птици. Установена е основната посока на миграция, указваща на директното пресичане на Средиземно море от мигриращите нощем птици. Не са установени забележими концентрации на нощна миграция в меридионален или латитудинален план от територията на България. Въз основа на средната плътност на миграцията са получени сведения за броя птици, пресичащи източната част на Балканския полуостров. Тези резултати са сравнени с получените такива в западната част на Европа. Със същия метод е изследвана нощната миграция в 3 точки от територията на Мароко. Данните позволяват да се оцени значението на Атласките планини като бариера на пътя на мигриращите през нощта птици.

След прилагане на най-съвременната техника, позволяваща индивидуалното проследяване на птици по време на сезонните им миграции, са установени уникални за птиците адаптации както в морфологията на крилата при различните популации, така и в използваните стратегии за преодоляване на Сахара и Средиземно море от далечните транс-сахарски мигранти. Установена е висока степен на свързаност на популационно ниво при тези видове, прекарващи над 6 месеца в различни райони на Африка. Получените в хода на тези изследвания резултати и заключения са важни за оценката на изследваните територии по отношение на Палеарктико-Африканската миграционна система, обобщени в докторската дисертация (1), свързаните с нея и последващи публикации (2, 4, 20 и 25), както и в публикуваните след хабилитирането ми трудове (43, 50, 56).

#### **Изследвания на видовия състав и физиологично състояние на мигриращите птици**

4. В резултат на дългогодишни систематизирани улови с орнитологични мрежи, индивидуално маркиране на птиците и описание по стандартна методика на физиологичното им състояние, са определени характерните особености на мигриращите през територията на България масови видове врабчоподобни птици. Анализирани са период от над 10 години (1995-2005 г.). Установени са закономерностите в подредбата на видовия състав на врабчоподобните птици през пролетта и есента.

Анализирани са сроковете на прелет на видовете и вариациите в средните дати на начало и край на миграцията за различните видове. Данните показват наличието на важни, повторяеми през годините, характерни за територията на България срокове за едни видове и големи вариации в тези срокове при други видове. Тези екологични закономерности са основа за регистрации на промените в екологията на видовете в условията на динамичен климат. На примера на моделни 5 вида далечни мигранти са определени средното тегло и обемът на енергийните запаси, характерни за територията на България като етап от миграционното трасе на тези видове. Тези стойности са съпоставени с установените такива от началните, най-северни части на ареала на тези видове, както и с отделни части от миграционното трасе по пътя към африканските зимни ареали. Този анализ определя значението на територията на България като екологически фактор в реализацията на сезонните миграционни придвижвания на най-масовите видове насекомоядни птици в Евро-Африканската миграционна система. Установени са сроковете на формиране на местните гнездови популации при типичен вид далечен мигрант от разред Вrabчоподобни – тръстиковото шаварче (*Acrocephalus arundinaceus*). Анализът показва, че местните популации заселват гнездовите територии постепенно в течение на целия пролетен миграционен период, като през същото време през тези територии преминават мигриращи популации от други части на ареала (10, 23 и 24).

### **Изследвания на ориентацията и поведението на птиците**

5. Миграционното направление на два вида далечни мигранти с различни райони на зимуване е изследвано детайлно в поредица от експерименти в ориентационни клетки. Изследвани са български популации на Крайбрежното шаварче (*Acrocephalus schoenobaenus*) и Индийското шаварче (*Acrocephalus agricola*). Сравнени са установените сезонни посоки, получени с различни методи. Разработени са методически подобрения в подхода и анализа на получените в хода на подобни изследвания резултати. Установени са унаследените посоки на есенна миграция при индийското шаварче. Резултатите показват последователна промяна на посоката на миграция, описваща историческата експанзия на ареала на вида от Азия към Европа. Тези посоки се унаследяват и са характерни за българската (най-западна) популация, заобикаляща Черно море по пътя към зимния ареал в Индия. И при двата изследвани

вида са установени индивидуални особености на поведението, повтарящи се при определени експериментални особености. Тези поведенчески особености позволяват птиците от един вид да бъдат групирани като проактивни и реактивни. Тези индивидуални особености се запазват във времето и имат своята роля в реализацията адаптивните реакции на индивидите, включително миграционната посока. В изследванията на миграционните посоки тези особености се изразяват в по-голямо разпръскване на резултатите в експерименталните клетки при индивидите с по-бавна реакция и значително по-точно и групирано движение на индивидите с по-бърза реакция, които видимо по бързо се адаптират към експерименталните условия. Резултатите от експерименталните изследвания на миграционното поведение и поведенческите тестове са обобщени в публикации 11, 13 и 21. След хабилитирането си работих върху нов метод за анализ и интерпретация на получените от експериментите в кръгли ориентационни клетки. Този метод позволява да се установят посоките, следвали еволюционните промени в хода на усвояване на нови територии при мигриращите видове птици и съответно да се възстановят историческите промени в ареалите на тези видове. Методът е разработен, приложен към реални резултати от анализа на поведението при Индийското шаварче, гнездящо в България и зимуващо в Индия. Тези методически подходи са публикувани в съответно за целта списание (57).

### **Изследвания на популационната структура на птиците**

6. Изследвана е популационната структура на вид врабчоподобна птица с много широк ареал в Палеарктика. Установени са закономерностите, свързани със следледниковия период на разпространение на Тръстиковото шаварче (*Acrocephalus arundinaceus*). Установени са хаплотипното разнообразие и степените на сходство на популации от цяла Европа и Азия. На базата на генетичен анализ на митохондриални гени и микросателитни маркери са получени сведения за времето на експанзия на различните популации и честотата на тези процеси. Получена е картина на историческите процеси през следледниковия период. Получените резултати позволяват да се оцени ролята както на изолацията, така и на експанзията, като механизми за популационно структуриране на видовете. В нашето изследване е показано, че усвояването на разнообразни местообитания при експанзията е основният механизъм за дивергенция на популациите и съответно това е основният механизъм, по който е протекла

еволюцията на този вид, довела до съвременното му разпространение и популационна структура (7). След хабилитирането си съм допълнил това направление с резултатите от биогеографски проучвания на популационната структура на два крайно специализирани вида птици. Първият – тръстиков цвъркач *Locustella luscinioides*, е обитател на тръстиковите масиви (60), а другият (*Pygoscelis papua*) е усвоил крайните южни ширини (62).

7. Направен е анализ на генетичната популационна структура на два вида врабчоподобни птици с широк ареал в Палеарктика. Видът индийско шаварче (*Acrocephalus agricola*) разширява гнездовия си ареал от Азия на запад към Източна Европа, достигайки най-западната си точка на разпространение в ограничен район на Североизточна България. Получените резултати за историческата експанзия, съпроводена с генетични процеси в популациите на вида, позволяват да се оцени ролята на малки изолирани популации, каквато е българската, за опазването на биологичното разнообразие в условията на динамични промени в климата и фауната на зоогеографските райони (14). Вторият вид е известен с голямата си способност за дисперсия и съответно широко разпространение като същевременно е ограничен както и първият вид изключително в тръстиковите масиви на влажните зони (60).

8. Друго изследване на популационните процеси е проведено върху пингвините (*Pygoscelis papua*) на остров Ливингстън, Антарктика. Описан е полиморфизмът на популацията на този вид, като са използвани митохондриални гени. Получените резултати са база за анализ на популационната структура на вида в пределите на Антарктика (31). След съпоставка на полиморфизма в популациите на този вид в пределите на целия му ареал, т.е. цялата крайбрежна територия на Антарктида, са установени 3 подвида с голяма генетична дистанция с подкрепена в поведенчески различия във вокализацията но абсолютно единични по външност. На основата на тези резултати установените различни популации са предложени за видове двойници (62).

9. В рамките на широко международно изследване са установени закономерностите в генетичното разнообразие в пределите на световно разпространения инвазивен вид домашното врабче (*Passer domesticus*). Установени са връзките между отделните популации, населяващи континентите и отделни региони. Установени са степента на изолация и сходство на различните популации при този космополитен синантропен вид птица. Разкриването на закономерностите при инвазия има важно практическо значение

за опазването на биологичното разнообразие, особено в условията на динамични климатични промени (16).

### **Изследвания на еноклетъчните кръвни паразити (Haemosporida) при птиците**

10. Описано е видовото разнообразие на кръвните паразити (Haemosporida) в определени видове врабчоподобни птици. Такова изследване е проведено първоначално само на базата на микроскопско определяне на паразитите (3) от събраните до този момент препарати, основно от Биологична експериментална база “Калимок”. На по-късен етап са приложени молекулни маркери при хемоспориидите от родовете *Plasmodium*, *Haemoproteus* и *Leucocytozoon*, с които е демонстрирано забележително разнообразието на техните митохондриални ДНК линии. Според наличната информация, някои линии са специфични за отделни видове гостоприемници и географско положение, докато други са много пластични и с широко географско разпространение. Проведени са множество филогеографски анализи на установените генетични линии от тези паразити. Филогенетичният анализ показва, че промените в еволюционен план често са свързани с колонизацията на нови гостоприемници и съответно нови болести при птиците. За да разберем механизмите на видообразуване при кръвните паразити е важно да се идентифицират местното разнообразие от паразити и да се установи как то варира в широк географски мащаб (8 и 12). След хабилитирането си съм участвал в изследването на видовото разнообразие на кръвните паразити (Haemosporida) в малко изучавани райони на света като Малайзия (46) и Китай (55), както и в слабо проучени видове птици (54).

11. Сравнителното изследване на кръвните паразити (Hemosporida) на полските чучулиги (*Alauda arvensis*) от различни европейски популации, освен описание на видовото разнообразие на кръвните паразити, разглежда птичата малария като екологичен фактор, лимитиращ числеността на този вид птици (включен в международни конвенции за опазване на видовете като критично намаляващ числеността си). Проведеното изследване установи високо разнообразие на кръвни паразити, включително видове, които не са установявани преди в този гостоприемник. Този факт дава основа за бъдещи изследвания на въпросите, свързани с екологичната

роля на паразитите при оценката на факторите, влияещи на численостите на популациите от застрашени видове птици в условията на динамични климатични промени и последиците върху биоразнообразието (15).

12. Друго направление на изследване е връзката между традиционната (основана на морфология) паразитология и бързо развиващите се методи на молекулярната биология, а именно свързването на морфологичното описание с генетичните маркери, все по-често използвани за диагностика на хемоспориидите. В това направление са идентифицирани поредица от генетични линии и съответните морфологични видове. Открит е един нов за науката вид – *Plasmodium (Novyella) ashfordi*. Установена е диагностичната генетична линия (по участък на цитохром Б гена на митохондриалната ДНК) на *Plasmodium (Huffia) elongatum*, с което са коригирани множество грешно определени и публикувани в ген-банката описания (публикации №№ 4 и 5).

След хабилитирането си имам поредица от нови резултати в това направление. Охарактеризирани са молекулните маркери за определяне на поредица от видове като са описани и нови видове паразити от различни видове гостоприемници (51, 52, 54). Революционно откритие е описанието на нов вид малария (*Plasmodium polymorphum*), който не може да бъде диагностициран и съответно не може да бъде определен чрез нито един от познатите молекулни маркери (58).

13. За изясняване на въздействието на еноклетъчните кръвни паразити върху птицата-гостоприемник и значението на това взаимодействие като екологически фактор е проведено експериментално изследване върху Тръстикови дроздове (*Acrocephalus arundinaceus*). Установени са препатентният период, динамиката на развитие на инвазията, максималните нива на паразитемия и физиологичните въздействия на *Plasmodium relictum* (линия GRW4) и *Plasmodium ashfordi* (линия GRW2) върху експериментално инвазирани тръстикови дроздове. Установени са разлики както на индивидуално ниво, т.е. под контрола на имунната система на отделните птици, така и на видово ниво (6).

Проведени са експерименти с поредица видове птици за определяне на устойчивостта им към различни видове малария. Изследвани са местни и прелетни видове птици за определяне на тяхната уязвимост към конкретни паразити с установен Африкански



пренос. Резултатите посочват устойчивост на месните видове птици към малариинте паразити с Африкански произход. Установени са и изключения от това правило, указващи на възможните последици от динамичните климатични промени и съпътстващите ги промени в ареалите на кръвосмучещите насекоми – преносители на маларията (49).

Изследванията ми върху последиците от паразитните инвазии от хемоспоридии върху птиците включват и оригинално експериментално изследване, разкрило неизвестни до този момент научни факти за последиците от маларията в популациите и ролята на тези паразити като елемент от селективната рамка на средата. Чрез поредица от експерименти за проследяване на развитието на различни видове малария при птиците (6) са установени фазите на развитие и физиологичните последствия от заболяването за птицата гостоприемник. Установено е, че паразитемията в хронична фаза от инвазията с малария е пряко пропорционална на първоначалния пик на паразита в кръвното русло (60). В хода на това оригинално планирано експериментално изследване са събрани проби от всички инвазирани индивиди в течение на цяла календарна година. Изолираната от тези проби ДНК позволи по категоричен начин да бъде показано значението на маларията като патоген, действащ чрез скрити генетични механизми, водещи до ускорено скъсяване на теломерите, върху качеството на живот както на индивидите, боледуващи в момента, така и на тяхното поколение. Тези експериментални данни, получени на Биологична експериментална база Калимок, бяха подкрепени с материалите, събрани от шведски колеги през периода 1985 – 2013 г. в дива популация на вида гостоприемник. Това позволи да публикуваме тези резултати в едно от списанията с най-висок импакт фактор в света – *Science* (45).

04 декември 2015 г.

Подпис:

(доц. д-р Павел Зехтинджиев)